

第10次日本南極地域観測隊越冬隊員の医学的考察

I. 極地における手指の循環状況について

吉 川 暢 一*

Medical Investigations on the Wintering Members of the
10th Japanese Antarctic Research Expedition

I. Circulatory Condition of Finger Tip in Antarctica

Masamoto KIKKAWA*

Abstract: As a member of the 10th Japanese Antarctic Research Expedition, the author spent a year (1969-1970) at Syowa Station in Antarctica. Circulatory condition and function of the fingers of the wintering members were studied.

(1) Twenty-nine persons were examined and the average of their ages was 30.9 years old.

(2) Outdoor temperature at Syowa Station was $0^{\circ}\sim-5^{\circ}\text{C}$ in summer, -23°C in winter.

(3) The average finger-tip temperature of the members was 31.3°C in summer, 29.8°C in winter, and 30.4°C during the year, and it changed in parallel with the outdoor temperature. It was found that the finger-tip temperature in Antarctica was about 4°C lower than that in Japan.

(4) Plethysmograph of the finger-tips of the members shows a low monophasic wave (3.3 mm high), and a flattened wave when the finger-tip temperature was below 25°C . Generally a high dirotic wave (12.9 mm high) was found in Japan.

(5) Pinch and adduction power of the thumb were not affected by low temperature of the finger-tip.

(6) It was concluded that in Antarctica circulatory condition in the finger-tip was largely affected, but function of the finger was not much affected.

1. はじめに

人類が南極大陸に長期間住むようになったのは、ごく近年になってからである。日本人が

* 国立米子病院整形外科. Orthopaedic Clinic of Yonago National Hospital, Kuzumo, Yonago, Tottori.

南極で長期間生活を始めたのは、昭和30年の国際地球観測年に参加した第1次日本南極地域観測隊が昭和32年1月29日東オングル島に昭和基地を設立し、越冬生活を行なって以来である。この南極でのきびしい自然と特殊な環境の中での人間の身体的、及び精神的な反応についての結果が毎回の越冬隊医療担当者により報告されてきたが、第9次隊より新たに研究部門として医学部門が新設され、専門の隊員が越冬して、人類の南極における反応等の研究が各方面から専門的に行なわれようとしている。著者は第10次日本南極地域観測隊越冬隊の医療担当として、1969年1月より、1970年2月までの約1年間を南極の昭和基地において生活する機会を得た。この間越冬隊員29名の健康管理として、毎月1回、体重、胸囲、血圧、体温、脈搏数、腹壁皮厚、上腕部皮厚、大腿周径、下腿周径、上腕周径、手指尖端温度、手指指尖脈波、指のつまみ力、内転力の14項目の検査を行ない、10月と4月にはこの他に胸部X線撮影、心電図、血液一般検査、血沈、血液比重、血清蛋白等の精密検査を施行した。

今回は第1報として手指尖端の循環状態、並びに手指の運動能力について報告する。すなわち、指尖温度、指尖脈波、つまみ力、内転力等の相関関係、並びに南極のきびしい自然条件との関係、さらに日本における成人男子のそれらとも比較検討を加えた。

2. 検査方法と対象

特に検査前に手指を寒令にさらしたり、長時間極寒の戸外で作業させたりする等の規制を加えることなく、昭和基地でごく普通の生活をしている状態で、越冬隊員29名全員を検査の対象として、1969年2月から1969年12月までの約1年間、毎月1回検査を行なったが、1969年2月から10月までは、昭和基地内の診療室で、 $+20^{\circ}\text{C}$ 程度の部屋の中で、11月、12月は大陸旅行隊員10名だけを対象として、旅行中 $+15^{\circ}\text{C}$ 程度の雪上車の中で、いずれも坐位にて測定した。

1. 指尖の循環状態測定には、平和電子工業（株）の局所温度計の改良型を使用し、指尖部の温度を2回測定し、その平均値を求め、同時に同じく平和電子工業（株）製作の光電容積脈波計を使用し、各指の指尖脈波を測定し、その波形及び波高について検討を加えた。

2. 手指の運動能力測定には、マナーフェルト・キーファー式手指運動能力測定器(図1)を使用して、母指と示指とのつまみ力を左右共に測定し、さらに母指の内転力を測定した。

3. 日本に帰国後、日本における成人男子13名を対象として、冬期のもっとも寒い時期に、 $+20^{\circ}\text{C}$ 程度の部屋の中で、指尖温度と指尖脈波を測定し、南極越冬隊員のそれらと比較検討を加えた。

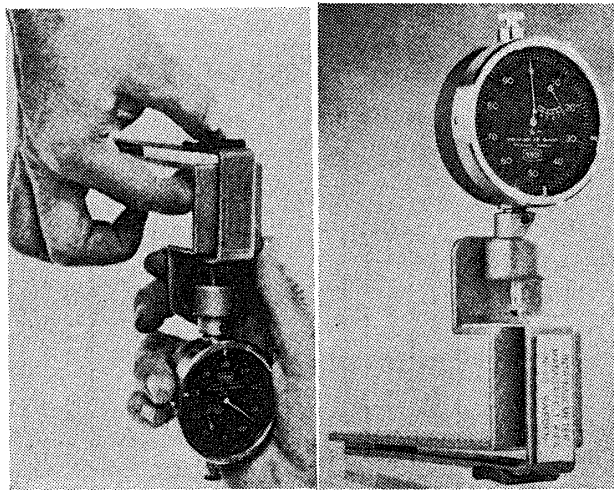


図 1 手指運動能力測定器 (マナーフェルト・キーフアー式)

3. 結 果

3.1. 指尖温度

南極における指尖温度の変化(図2)は、気温の変化及び体温の変化と類似し、越冬初期の3月は平均 31.3°C と高値を示すが、冬期の7月には平均 29.8°C と低値を示した。8月の日の出と共に外気温が次第に上昇し、これにつれて指尖温度は急上昇してくる。しかし、11月、12月は標高約 2000 m の大陸氷上を旅行中の測定値で、特に11月は越冬中の最低値で平均 27.8°C を示した。指尖温度の左右を比較すると、各月とも右側より左側の方が、 $0.6\sim 0.9^{\circ}\text{C}$ 高い値を示した。さらに越冬隊員の指尖温度の年平均値は、右が 30.02°C 、左が 30.88°C で非常に低い値を示した。これに反して日本における成人男子の冬期の指尖温度の平均値

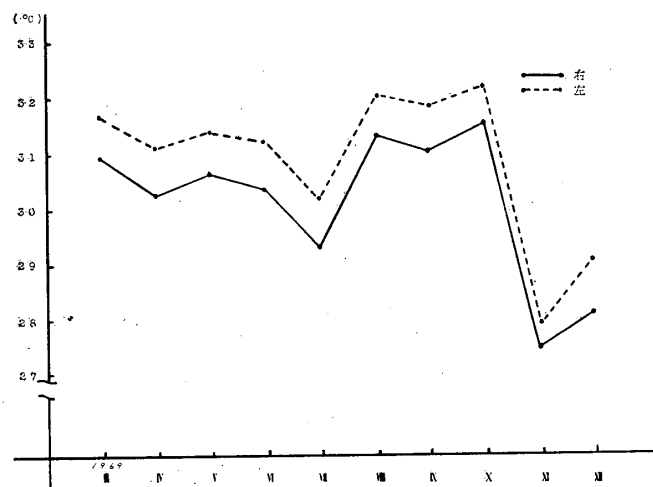


図 2 指尖温度月別平均値左右比較表

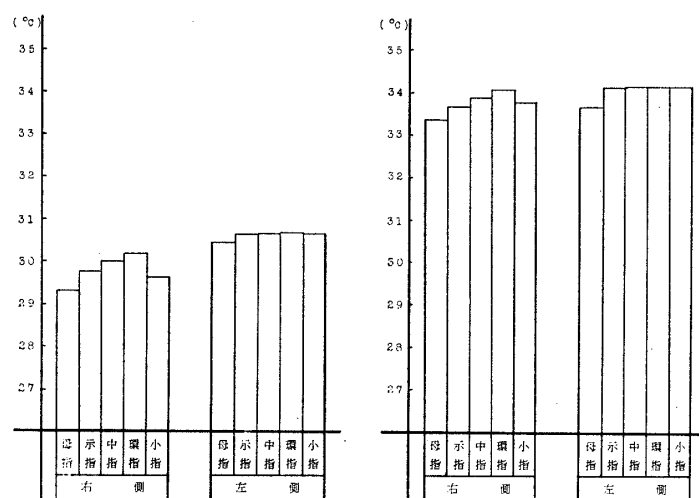


図 3 越冬隊員各指指尖温度平均値 成年男子冬期指尖温度平均値

は、右が 33.90°C 、左が 34.11°C と約 4°C 高い値を示した (図 3)。

3.2. 指尖脈波

測定した指尖脈波の波形を、便宜上図 4 のごとく、A, B, C, D の 4 型に分類した。越冬隊員の指尖脈波は、90% が C 型のいわゆる平坦な单相波 (monophasic wave) であったが、日本における成人男子の指尖脈波はすべて、A 型のいわゆる高い重複波 (dicrotic wave) であった。また南極に越冬中指尖温度が 25°C 以下になると、指尖脈波は D 型のいわゆる平坦波 (flattened wave) に移行した。しかし、外気温が -30°C 以下の非常に低温の戸外で、長時間作業等をした直後に指尖温度が、 25°C 以上にならなくとも脈波の波高が極めて高い A 型に近い波形を示すことがあ

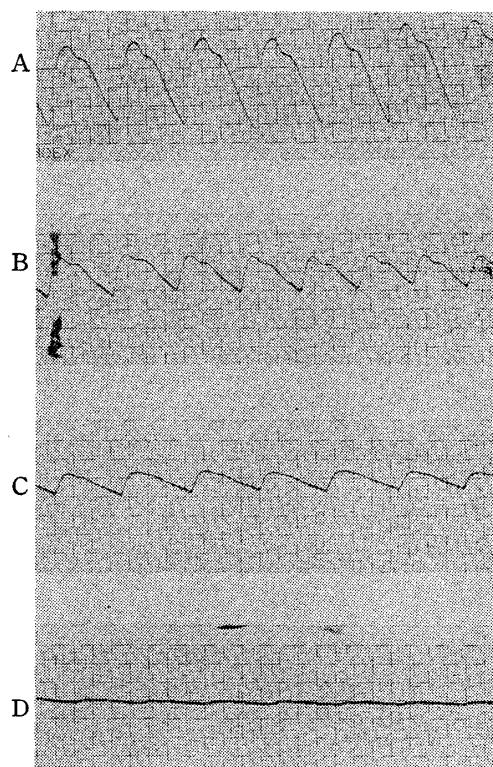


図 4 指尖脈波形分類

た。越冬隊員の指尖脈波の波高の年平均値は、右が 3.4mm 、左が 3.2mm で左右差はほとんど認められなかった。日本における成人男子の冬期の指尖脈波の波高の平均値は、右が 13.1mm 、左が 12.8mm で、越冬隊員の指尖脈波に比して極めて高い値を示した。

3.3. つまみ力

南極における母指と示指との間のつまみ力の変化(図5)は、越冬初期は、平均5kg近くあったが、昭和基地生活中は漸次低下の傾向にあり、9月には平均4.5kgと低下した。11月、12月は大陸旅行中の測定値で、指尖温度がもっとも低下していた11月に、つまみ力は平均5.5kgともっとも高い値を示した。またつまみ力の左右差はほとんど認められなかった。

3.4. 内転力

南極越冬中の母指の内転力の変化(図6)は、つまみ力の変化とやや類似した変化を示した。昭和基地生活中の平均値は、4.3kg~4.4kgで、余り変化はなかったが、11月、12月の大陸旅行中は指尖温度が極度に低下していた。特に、もっとも指尖温度が低くかった11月に、つまみ力と同様、内転力の平均値は、4.9kgと昭和基地生活時より高い値を示した。

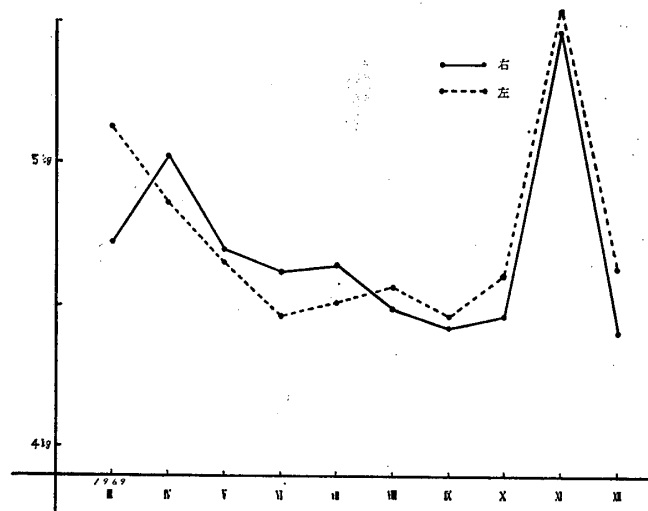


図5 越冬隊員つまみ力月別平均値左右比較表

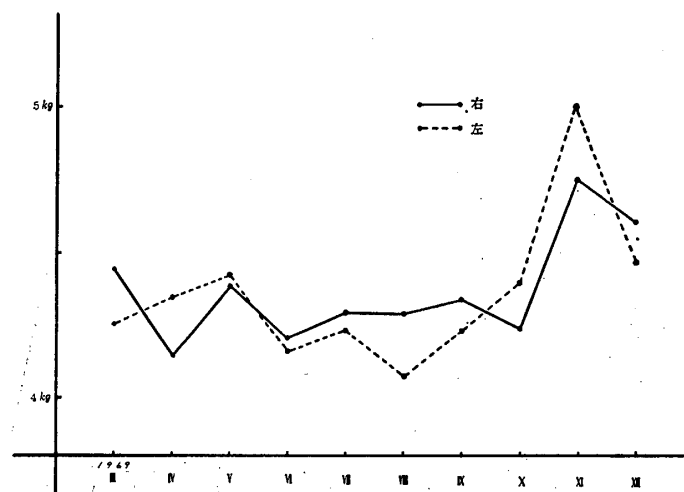


図6 越冬隊員内転力月別平均値左右比較表

4. 考 察

寒冷が人体に及ぼす影響は極めて大きく、特に循環系に及ぼす影響は強く、今までにもこれらに関する研究が実験室において、またヒマラヤ等の高い山で、さらに南極、北極の極寒の地において行なわれ、数多くの報告がある。著者は1968～1970年に南極の昭和基地で越冬し、第10次南極地域観測隊越冬隊員29名を対象として、手指尖端の循環状況及び手指の運動能力について調査した。すなわち、指尖温度、指尖脈波、母指と示指間のつまみ力、母指の内転力の4項目について測定を行なった。

指尖温度の変化(図2)は、昭和基地の外気温の変化(図7)、及び腋窩体温の変化(図8)に類似しており、越冬初期の3月は平均 31.3°C と比較的高い値を示したが、冬期は外気温の低下と共に指尖温度も低下し、7月には平均 29.8°C を示した。8月の太陽の出と共に外気温は漸次上昇してくるが、これに伴い指尖温度も急に上昇してくる。これは外気温の上昇による影響は当然考えられるが、この他に冬期の間は戸外での作業が少なく、手指を使用する機会がほとんどなく、太陽の出と共に戸外での作業が多く、手指を使う力仕事の量が多くなり、この手指を使う運動が指尖の循環を良くし、さらに指尖温度を上昇させる一因子となっていると思われる。11月、12月は、やまと山脈旅行隊員10名だけを対象として、標高約2000mの大陸氷上旅行中の測定値で、11月の指尖温度の平均値は、 27.8°C と最低値を記録した。これは大陸上の気温が昭和基地の気温に比して、はるかに低く約 20°C の差があったこと、旅行中の生活は雪上車の中での生活で、昭和基地に比して身体の保温が極めて悪かったこと、さらに旅行中は手指を外気にさらす機会が非常に多かったためと考えられる。指尖温度の左右差を比較(図2)してみると、越冬中の各月とも $0.6\sim 0.9^{\circ}\text{C}$ 左側が高い値を示した。これは右ききの人が多く、戸外での作業時には手袋等の防寒具は使用しているとはいえ、指先を使う細かい作業の時にはどうしても指先を外気にさらす機会が多く、右側の方

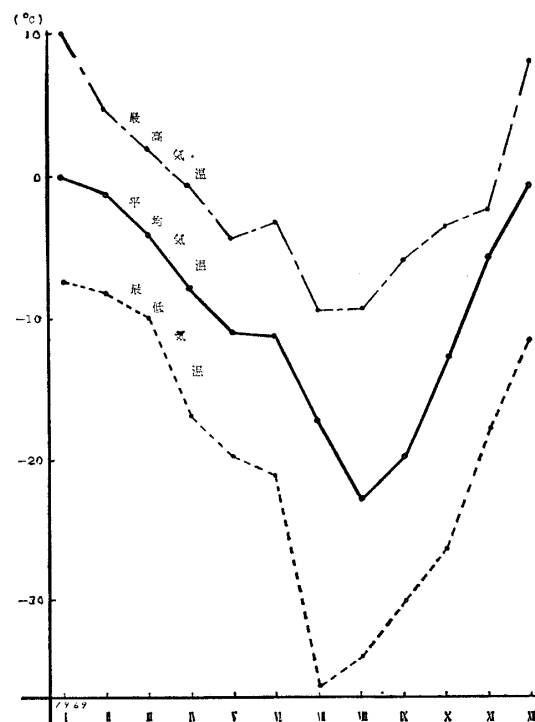


図7 南極昭和基地における外気温 (1969.1~1970.12)

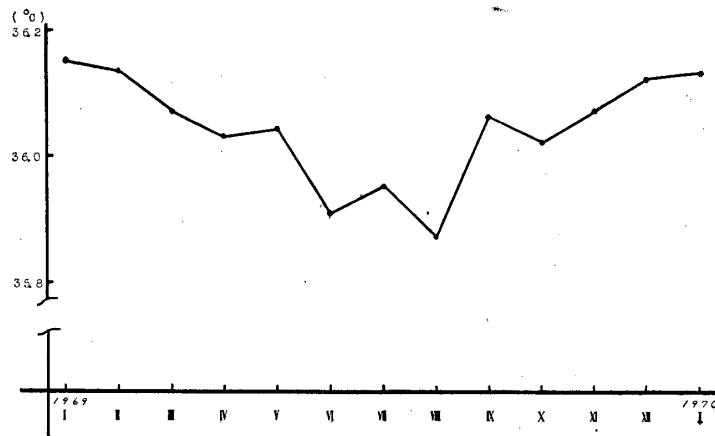


図 8 越冬隊員腋窩体温月別平均値

が低い値を示したものと考えられる。また、越冬隊員の各指の指尖温度を比較（図3）してみると、左側は各指の温度差は余り認められなかったが、右側は各指の温度差があり、母指がもっとも低く、一年間の平均値が 29.4°C であった。もっとも暖かかった指は環指で、平均 30.2°C を示した。これは戸外での細かい作業時には、母指、示指、中指の三指を使用する率が高いために、低い値を示すのではないかと考えられる。これに反して左手の方は戸外での作業時にも外気にさらす頻度が右側より少ないために、各指の温度差が余り現われなかったものと考えられる。さらに越冬隊員の越冬期間の指尖温度と日本における成人男子の指尖温度を比較（図3）すると、越冬隊員の指尖温度の年平均値は、右が 30.02°C 、左が 30.88°C であったが、日本における成人男子の冬期の指尖温度は、右が 33.90°C 、左が 34.11°C で、約 4°C の差が認められた。

指尖脈波は波形により便宜上図4の如く、A、B、C、Dの4型に分類したが、南極で測定した越冬隊員の指尖脈波の90%がC型の波高の極めて低い单相波（monophasic wave）であった。これに反して日本における冬期の成人男子の指尖脈波はすべて、A型の波高の極めて高い重複波（dicrotic wave）であった。越冬中仕事の関係等で、長期間手指を寒冷にさらさねばならない時、指尖温度が 25°C 以下になると、指尖脈波はD型のいわゆる平坦波（flattened wave）に移行した。これは指尖温度だけを考慮した場合、 25°C 以下の指尖温度が長時間続くようであれば、凍傷の危険性が強く、それらに対して保温と血管拡張剤等の薬剤を投与して凍傷予防を行なった。しかし、 -30°C 以下の非常に低温の戸外で作業等を行なった直後に、指尖温度が 25°C 以上にならなくとも、指尖脈波が極めて高いA型に近い波形を呈することがあったが、これは指尖温度の上昇過程においては、正常以上の血液供給が必要であることを示すと共に、血管運動神経を介しての影響も考慮されるべきであろう。

と思われる。小林等(1970)は、指尖脈波の起始部の変化と各種疾患との関連性について述べているが、南極越冬隊員の指尖脈波にはそのような起始部の病的な変化はみられなかった。吉村(1969)は指尖脈波の波形を種々に分類(図9)し、その基本型は重複波の dicrotic wave であるとのべており、吉村(1969)、小林等(1970)共に指尖脈波の波高と血液流量との間の関係は比例的関係があるとのべている。実際に、正常人の上腕にマンシェットを巻き、加圧していった場合、指尖脈波の変化(図10)は、初めは正常な高い波形の重複波(dicrotic wave)であるが、100~110 mmHg に加圧していくにつれて、指尖脈波の波高は著しく低下し、同時に波形も单相波(monophasic wave)に変化していく。越冬隊員の

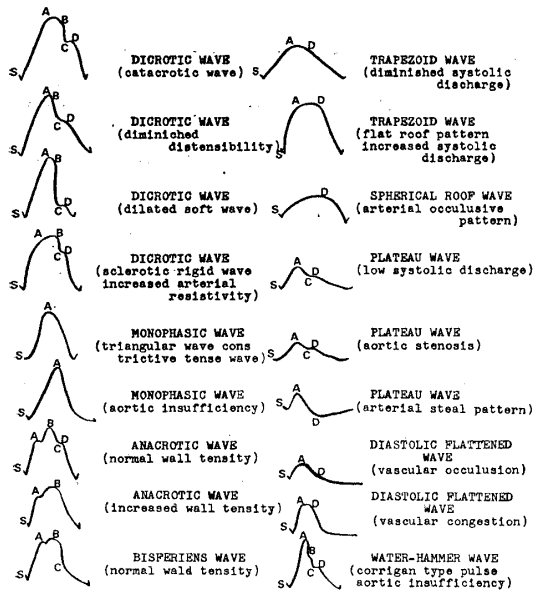


図 9 末梢動脈波波形の分類

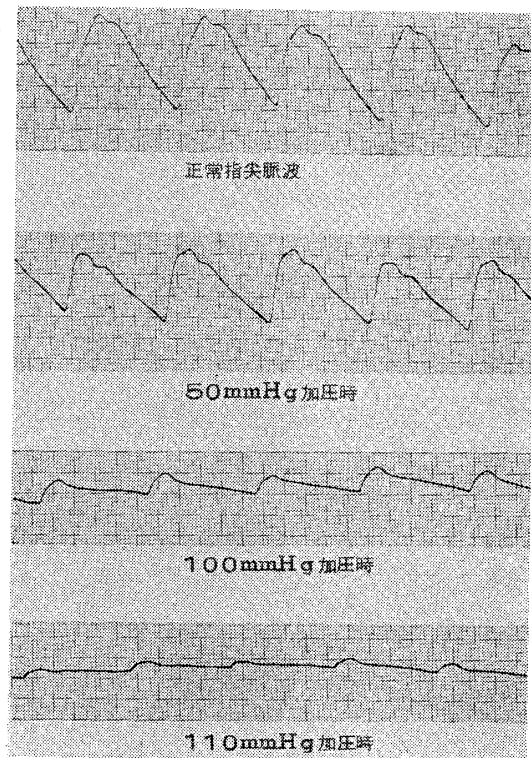


図 10 マンシェット加圧時の指尖脈波の変化

指尖脈波の波高と日本における成人男子の冬期の指尖脈波の波高を比較した場合、前者の年平均值は、右が 3.4 mm、左が 3.2 mm で、後者の平均值は、右が 13.1 mm、左が 12.8 mm で、越冬隊員の指尖脈波の波高は極めて低い値を示した。吉村 (1969) は、指尖脈波が非常に低い单相波の *monophasic wave* になる時は、動脈系が非常に緊張状態にある時であるとのべている。すなわち南極越冬隊員の指尖脈波が非常に低い单相波を示したことは、越冬中は上肢の動脈系が非常に緊張状態にあり、血液の流量が極めて不良状態にあったと考えられる。このため、南極においては普通一般の生活を営んでいる時でも、手指指尖の循環状況の悪化による凍傷の危険性は、極めて高いこと等を考慮し、何時でも隊員が自由に使用出来るように食堂の一隅に薬品コーナーを設置し、血管拡張作用及び血管れん縮緩解作用を有する *cyclandelate* を常備し凍傷の予防に努めた。実際、この *cyclandelate* (ベナラ) の使用により著効を示した隊員もあった。特に南極大陸旅行中は、顔面、手足の凍傷にかかる危険率は極めて高く、毎食の食料こん包の中に、それぞれ上記の薬品を一緒に入れて、毎日服用するよう努めたため、凍傷の予防及び指尖の循環状況の悪化を防止出来たと考えられる。以上のごとく、手指指尖の温度及び指尖脈波の結果より、南極における手指指尖の血液の循環状況は日本における場合より、極めて悪い状態にあったと考えられるが、それ程病的な症状を示さなかったのは、寒冷順化による作用も考慮されなければならない。

一方手指の運動能力についてみると、母指と示指間でのつまみ力の測定値 (図 5) は、越冬開始初期の 3 月、4 月は平均 5.0 kg 近くあったのが、昭和基地生活中、気温の低下する 8 月、9 月には平均 4.5 kg 程度に低下の傾向を示した。しかし、大陸旅行中の 11 月は指尖温度が極めて低下していたにもかかわらず、つまみ力は平均 5.5 kg と基地生活中より高い値を示した。また母指の内転力の値 (図 6) も、つまみ力の変化と類似した変化を示し、11 月の大陸旅行中は、昭和基地生活時より極めて高い値を示した。すなわち、昭和基地生活中は、気温の低下及び指尖温度の低下と共に、指尖の力も低下するかのごとく思われたが、大陸旅行中の指尖温度が極めて低い値を示した時期に、つまみ力及び内転力共に高い値を示したことは予想に反したが、この原因については不明である。非常に低温状態では、筋肉が強い緊張状態になっており、その *tonus* が増し、*intrinsic muscle* の力が強くなったのではないかと推測される。また、大陸旅行は越冬後半に行なったため、旅行中手指の運動が悪くて作業に支障をきたすほどでなかったことは、寒冷順化も考慮されるべきであろう。

5. 結 語

1. 南極越冬隊員の昭和基地における指尖温度の変化は、外気温の変化及び腕窩体温の変化と類似していた。越冬中の指尖温度は、日本における成人男子の指尖温度より平均約 4°C 低い値を示した。また、いずれも左側が高い値を示した。

2. 南極越冬隊員の昭和基地における指尖脈波の大部分は、単相波の *monophasic wave* で、波高は平均 3.3 mm と極めて低かったが、日本における成人男子の指尖脈波のほとんどが、重複波の *dicrotic wave* で、波高は平均 12.9 mm と高値を示した。また南極越冬中、指尖温度が 25°C 以下になると、指尖脈波は、平坦な *flattened wave* に移行した。

3. 南極越冬中の手指の運動能力のつまみ力、内転力は共に、外気温の影響は少なく、指尖温度の低下時に強い傾向を示した。

4. 南極越冬中は指尖の血液の循環状態が極めて不良であったと考えられるが、指の運動能力については、余り低下していなかったように思われる。これは、長い越冬生活による寒冷順化も考慮されるべきであろう。

謝 辞

第10次日本南極地域観測隊越冬隊長楠宏氏ほか第10次越冬隊員各位の御協力に対して衷心より感謝申し上げます。

文 献

- BUDD, G. M. (1966): Skin temperature, thermal comfort, sweating, clothing and activity of men sledging in Antarctica. *J. Physiol.*, **186**, 216-232.
- CAVENAGH, A. J. M. (1964): Cold acclimatization of the fingers. *J. Appl. Physiol.*, **19**, 158-161.
- 光安元夫 (1968): 神経障害時の手にみる変化. *災害医学*, **11**, 63-70.
- 小林晶・松崎昭夫・諸岡正明・光安元夫 (1970): 手指に及ぼす各種疾患の影響. *整形外科*, **18**, 270-271.
- 諸岡正明・小林晶・松崎昭夫・光安元夫 (1969): 上肢各種疾患の末梢循環動態に及ぼす影響. *整形外科*, **20**, 1386-1387.
- WYNDHAM, C. H. (1964): Physiological reactions to cold of men in the Antarctic. *J. Appl. Physiol.*, **19**, 593-597.
- 吉村正治 (1969): プルスコーダーの脈波形の見方. 医学出版社.

(1972年1月5日受理)